



“十一五”规划理工类主干课程辅导丛书

材料力学

习题与解析

李海 赵旭辉 编著

Exercise

&
Analysis

兵器工业出版社

第2版

材料力学 / 第2版 / 习题与解析

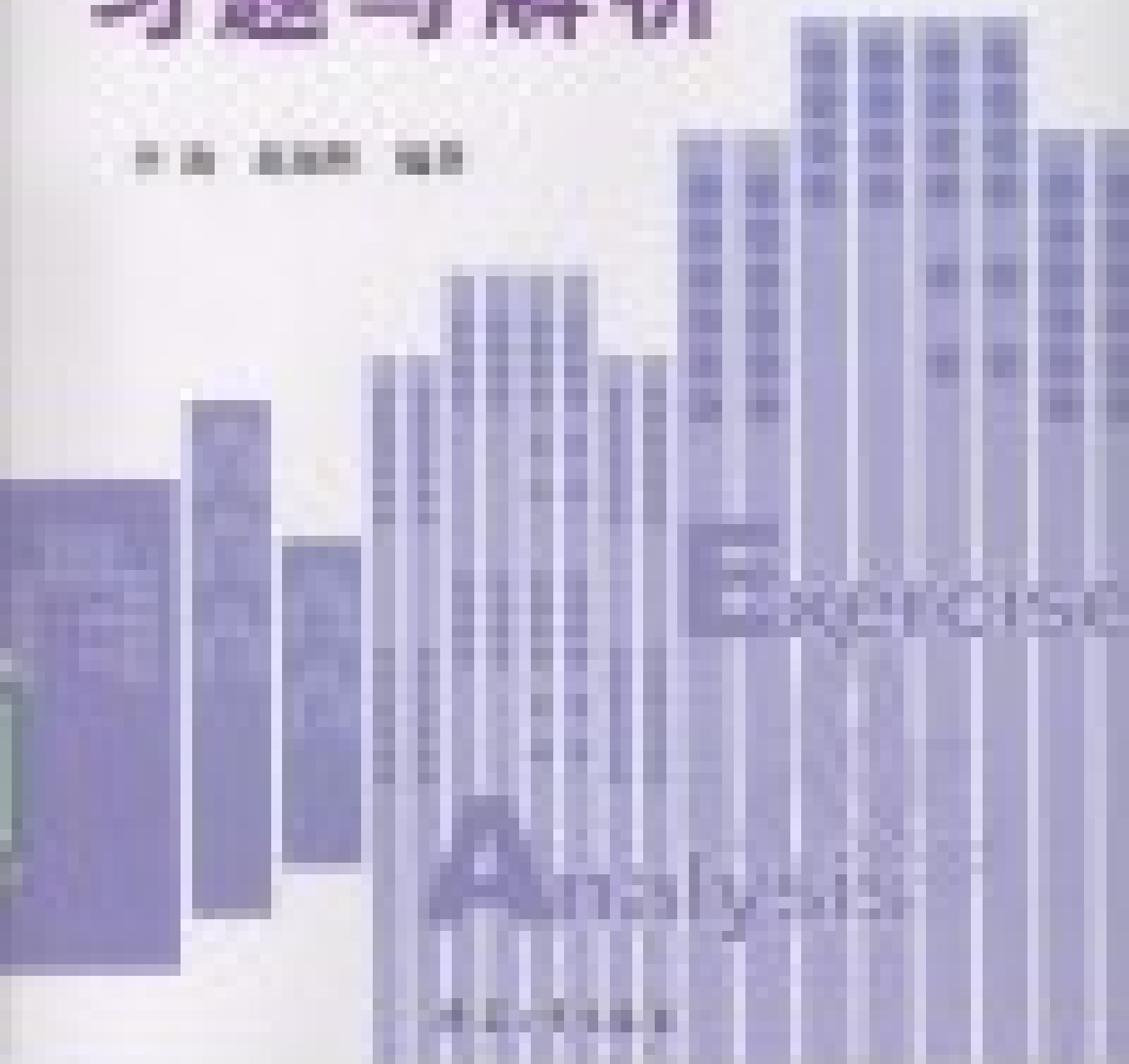


“十二五”普通高等教育本科规划教材

材料力学

习题与解析

刘 浩 主编 王 强 编委



“十一五”规划理工类主干课程辅导丛书

材料力学习题与解析

李 海 赵旭辉 编著

兵器工业出版社

内 容 简 介

本书是根据国家教委制定的高等工业学校材料力学课程的教学基本要求,并参照目前高校普遍使用的主流教材编写的一本材料力学基础辅导教材。书中通过对知识点概念和习题的讲解与分析,帮助读者了解和掌握该课程的难点、要点,提高读者分析问题与解决问题的能力。

全书按照主流教材的章节安排,对材料力学课程内容进行归纳分类。每章分成若干个知识点,每个知识点又分为“要点归纳”和“例题解析”。“要点归纳”是对重要知识点的提炼总结;“例题解析”部分精选典型例题(包括疑难习题、课程考试试题以及近年考研真题),对例题的题意、解题思路、容易混淆的概念、容易产生的错误进行分析,并给出十分详尽的解答,以帮助读者熟练掌握常考知识点。部分解答还给出了多种解题方法,以扩展读者的解题思路。全书最后提供了课程测试题和考研真题各一套,并附参考答案,以提高读者的应试水平和知识的综合应用能力。

本书可作为本、专科学生学习材料力学课程的辅导教材,对准备考研的学生也是一本很好的考研复习资料。书中提供的海量习题为从事课程教学的老师提供了宝贵的教学资源,可供教师作为教学参考。

图书在版编目(CIP)数据

材料力学学习题与解析/李海,赵旭辉编著. —北京:兵器工业出版社, 2008. 9

ISBN 978 - 7 - 80248 - 008 - 7

I. 材… II. ①李…②赵… III. 材料力学—高等学校—
解题 IV. TB301 - 44

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 144467 号

出版发行:兵器工业出版社
社址邮编:北京市海淀区车道沟 10 号
100089
经 销:各地新华书店
印 刷:北京市艺辉印刷有限公司
版 次:2008 年 10 月第 1 版第 1 次印刷
印 数:1 - 4000

封面设计:林 陶
责任编辑:常小虹 郭春临 张少波
责任校对:刘雪莲
开 本:787 × 1092 1/16
印 张:22
字 数:535 千字
定 价:35.00 元

(版权所有 翻印必究 印装有误 负责调换)

前 言

本书是为读者学习材料力学课程以及考研读者复习材料力学而编写的辅导书，可帮助读者更好地掌握课程的基本内容，通过对基本题和相关高校近几年的考试试题的分析和学习，使读者在巩固基础知识的同时熟悉解题方法和技巧，在短时间内掌握课程的精髓，达到事半功倍的效果，为参加研究生入学考试打下良好的基础。

1. 阅读指南

全书共分 13 章。

第 1 章主要介绍材料力学的任务，变形固体的三个基本假设，外力及其分类，内力、截面法和应力的概念，变形与应变，杆件变形的基本形式等。

第 2 章主要介绍轴向拉伸与压缩的概念，轴力及轴力图，拉压状态下的应力，拉（压）杆的变形，拉（压）杆的应变能，材料的力学性能，拉（压）杆的强度条件，应力集中的概念，剪切和挤压的实用计算等内容。

第 3 章主要介绍扭转的概念，传动轴的外力偶矩、扭矩及扭矩图，薄壁圆筒的扭转，等直圆杆扭转时的应力，强度条件，等直圆杆扭转时的变形，刚度条件，等圆直杆扭转时的应变能，矩形截面直杆扭转时的应力和变形，开口和闭口薄壁截面杆自由扭转时的应力和变形，扭转超静定问题等内容。

第 4 章主要介绍弯曲的概念和实例，支座基本形式，静定梁基本形式，弯曲内力，剪力和弯矩，剪力图和弯矩图，分布荷载、剪力和弯矩之间的微分关系，钢架及曲杆的内力等内容。

第 5 章主要介绍平面弯曲，弯曲正应力，弯曲切应力，弯曲强度条件，提高梁弯曲强度的途径，弯曲中心的概念等内容。

第 6 章主要介绍挠曲线，挠曲线近似微分方程，挠度，转角，积分法求梁的位移，叠加法求梁的位移，梁的刚度条件，超静定梁等内容。

第 7 章主要介绍应力状态的概念，二向应力状态分析——解析法与图解法，三向应力状态，位移与应变分量，平面应变状态分析，广义胡克定律与体积变形，单元体的弹性变形能等内容。

第 8 章主要介绍强度理论的概念，四种常用强度理论，莫尔强度理论，强度理论的应用与相当应力等内容。

第 9 章主要介绍组合变形的概念，构件的受力情况，斜弯曲，轴向拉伸或压缩与弯曲的组合，扭转与弯曲的组合变形等内容。

第 10 章主要介绍理解失稳现象、临界力、临界应力、柔度等概念，欧拉公式的推导过程，细长中心受压直杆欧拉公式的一般表达式，欧拉公式的适用范围，压杆的稳定计算方法

等内容。

第11章主要介绍交变应力, 应力循环, 应力循环特征值, 疲劳破坏, 持久极限及影响因素, 持久极限曲线, 疲劳强度条件等内容。

第12章主要介绍能量法的基本概念, 杆件的应变能, 卡氏定理, 虚功原理, 单位载荷法(莫尔积分法), 图乘法, 互等定理等内容。

第13章给出课程测试题和考研真题各一套, 并提供参考答案。

2. 特色与优点

编写本书的指导思想是: 在内容上, 重视基础理论, 覆盖课程的全部基本教学要求; 在形式上, 简明描述课程的基本知识点、重点和难点内容, 使学生迅速把握重点。

本书每章内容均包括各基本知识点的要点归纳, 并精选一些具有代表性的例题, 给出了解题思路和分析方法, 题后提示了解题中应注意的问题。这样编写的目的在于: 力争使读者在尽可能短的时间内, 巩固课程基本概念, 加深理解基本理论并融会贯通, 熟练掌握基本分析计算方法并能举一反三, 不断提高读者的应试水平和知识的综合应用能力。本书最后给出了课程测试题和考研真题各一套, 并提供了参考答案, 可以帮助读者了解自己材料力学掌握的程度。

3. 本书定位

本书可供学习材料力学课程的读者和参加研究生入学考试的考生使用, 也可供从事课程教学的教师参考。

本书由李海和赵旭辉编写, 全书框架结构由何光明和吴婷拟定。另外还要感谢王珊珊、陈玉旺、许娟、陈芳、范荣钢、钱阳勇、杨明、丁善祥、张凌云、陈智等同志的关心和帮助。

由于编者水平和经验有限, 加之编写时间仓促, 书中难免会有不妥之处, 敬请广大读者批评指正。

编者

2008年6月

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 知识点 1: 材料力学的任务	1
1.1.1 要点归纳	1
1.1.2 例题解析	2
1.2 知识点 2: 变形固体的三个基本假设	3
1.2.1 要点归纳	3
1.2.2 例题解析	3
1.3 知识点 3: 外力、内力、截面法和应力的概念	4
1.3.1 要点归纳	4
1.3.2 例题解析	6
1.4 知识点 4: 变形与应变	6
1.4.1 要点归纳	6
1.4.2 例题解析	7
1.5 知识点 5: 杆件变形的基本形式	8
1.5.1 要点归纳	8
1.5.2 例题解析	8
第 2 章 拉伸、压缩与剪切	10
2.1 知识点 1: 轴力及轴力图	10
2.1.1 要点归纳	10
2.1.2 例题解析	11
2.2 知识点 2: 拉(压)状态下的应力	14
2.2.1 要点归纳	14
2.2.2 例题解析	15
2.3 知识点 3: 拉(压)杆的变形	18
2.3.1 要点归纳	18
2.3.2 例题解析	19
2.4 知识点 4: 拉(压)杆的应变能	23
2.4.1 要点归纳	23
2.4.2 例题解析	24
2.5 知识点 5: 材料的力学性能	24

2.5.1 要点归纳	24
2.5.2 例题解析	26
2.6 知识点 6: 拉(压)杆的强度条件	27
2.6.1 要点归纳	27
2.6.2 例题解析	28
2.7 知识点 7: 应力集中的概念及拉、压超静定问题	33
2.7.1 要点归纳	33
2.7.2 例题解析	33
2.8 知识点 8: 剪切和挤压的实用计算	38
2.8.1 要点归纳	38
2.8.2 例题解析	39

第 3 章 扭转

3.1 知识点 1: 扭转概念、传动轴的扭矩及扭矩图	43
3.1.1 要点归纳	43
3.1.2 例题解析	44
3.2 知识点 2: 薄壁圆筒的扭转	45
3.2.1 要点归纳	45
3.2.2 例题解析	46
3.3 知识点 3: 等直圆杆扭转时的应力及强度条件	47
3.3.1 要点归纳	47
3.3.2 例题解析	49
3.4 知识点 4: 等直圆杆扭转时的变形及刚度条件	52
3.4.1 要点归纳	52
3.4.2 例题解析	53
3.5 知识点 5: 等直圆杆扭转时的应变能	60
3.5.1 要点归纳	60
3.5.2 例题解析	60
3.6 知识点 6: 矩形截面直杆扭转时的应力和变形	61
3.6.1 要点归纳	61
3.6.2 例题解析	62
3.7 知识点 7: 开口和闭口薄壁截面杆自由扭转时的应力和变形	64
3.7.1 要点归纳	64
3.7.2 例题解析	65
3.8 知识点 8: 扭转超静定问题	68
3.8.1 要点归纳	68
3.8.2 例题解析	68

第4章 弯曲内力	71
4.1 知识点1: 弯曲的概念和实例	71
4.1.1 要点归纳	71
4.1.2 例题解析	72
4.2 知识点2: 剪力和弯矩	74
4.2.1 要点归纳	74
4.2.2 例题解析	74
4.3 知识点3: 剪力方程和弯矩方程剪力图和弯矩图	75
4.3.1 要点归纳	75
4.3.2 例题解析	76
4.4 知识点4: 分布载荷、剪力和弯矩的微分关系	90
4.4.1 要点归纳	90
4.4.2 例题解析	91
第5章 弯曲应力	96
5.1 知识点1: 平面弯曲	96
5.1.1 要点归纳	96
5.1.2 例题解析	96
5.2 知识点2: 弯曲正应力	97
5.2.1 要点归纳	97
5.2.2 例题解析	98
5.3 知识点3: 弯曲切应力	108
5.3.1 要点归纳	108
5.3.2 例题解析	110
5.4 知识点4: 弯曲强度条件	120
5.4.1 要点归纳	120
5.4.2 例题解析	120
第6章 弯曲变形	132
6.1 知识点1: 弯曲变形的概念	132
6.1.1 要点归纳	132
6.1.2 例题解析	133
6.2 知识点2: 平面弯曲时梁截面的位移	134
6.2.1 要点归纳	134
6.2.2 例题解析	135
6.3 知识点3: 挠曲线的微分方程	140
6.3.1 要点归纳	140

6.3.2 例题解析	140
6.4 知识点 4: 积分法求梁的变形	147
6.4.1 要点归纳	147
6.4.2 例题解析	149
6.5 知识点 5: 叠加法求梁的位移	155
6.5.1 要点归纳	155
6.5.2 例题解析	155
6.6 知识点 6: 弯曲时的静定问题	163
6.6.1 要点归纳	163
6.6.2 例题解析	163
6.7 知识点 7: 梁的刚度条件	167
6.7.1 要点归纳	167
6.7.2 例题解析	167

第 7 章 应力和应变分析

7.1 知识点 1: 应力状态的概念	171
7.1.1 要点归纳	171
7.1.2 例题解析	172
7.2 知识点 2: 二向应力状态下的应力分析	175
7.2.1 要点归纳	175
7.2.2 例题解析	177
7.3 知识点 3: 三向应力状态的概念	182
7.3.1 要点归纳	182
7.3.2 例题解析	183
7.4 知识点 4: 平面应力状态下的应变分析	187
7.4.1 要点归纳	187
7.4.2 例题解析	188
7.5 知识点 5: 广义胡克定律及应变能密度	192
7.5.1 要点归纳	192
7.5.2 例题解析	194

第 8 章 强度理论

8.1 知识点 1: 强度理论的概念	201
8.1.1 要点归纳	201
8.1.2 例题解析	201
8.2 知识点 2: 四种常用强度理论	202
8.2.1 要点归纳	202
8.2.2 例题解析	203

8.3 知识点3: 莫尔强度理论	211
8.3.1 要点归纳	211
8.3.2 例题解析	212
8.4 知识点4: 强度理论的应用	214
8.4.1 要点归纳	214
8.4.2 例题解析	215
第9章 组合变形	219
9.1 知识点1: 组合变形的概念	219
9.1.1 要点归纳	219
9.1.2 例题解析	220
9.2 知识点2: 斜弯曲	225
9.2.1 要点归纳	225
9.2.2 例题解析	226
9.3 知识点3: 轴向拉伸或压缩与弯曲的组合	234
9.3.1 要点归纳	234
9.3.2 例题解析	236
9.4 知识点4: 扭转与弯曲的组合	243
9.4.1 要点归纳	243
9.4.2 例题解析	245
第10章 压杆稳定	256
10.1 知识点1: 压杆稳定性的概念	256
10.1.1 要点归纳	256
10.1.2 例题解析	257
10.2 知识点2: 细长压杆的临界力	257
10.2.1 要点归纳	257
10.2.2 例题解析	258
10.3 知识点3: 压杆的临界应力	260
10.3.1 要点归纳	260
10.3.2 例题解析	261
10.4 知识点4: 压杆的稳定计算	263
10.4.1 要点归纳	263
10.4.2 例题解析	264
第11章 交变应力与疲劳破坏	275
11.1 知识点1: 交变应力基本概念	275
11.1.1 要点归纳	275

11.1.2 例题解析	276
11.2 知识点 2: 材料的持久极限	280
11.2.1 要点归纳	280
11.2.2 例题解析	281
11.3 知识点 3: 疲劳破坏与疲劳强度校核	283
11.3.1 要点归纳	283
11.3.2 例题解析	284
第 12 章 能量法	293
12.1 知识点 1: 能量法的基本概念	293
12.1.1 要点归纳	293
12.1.2 例题解析	295
12.2 知识点 2: 卡氏定理	299
12.2.1 要点归纳	299
12.2.2 例题解析	300
12.3 知识点 3: 虚功原理 单位载荷法	304
12.3.1 要点归纳	304
12.3.2 例题解析	306
12.4 知识点 4: 互等定理	311
12.4.1 要点归纳	311
12.4.2 例题解析	311
12.5 知识点 5: 能量法在超静定系统中的应用	315
12.5.1 要点归纳	315
12.5.2 例题解析	318
第 13 章 课程测试及考研真题	326
13.1 课程测试	326
13.2 课程测试参考答案	330
13.3 重点大学硕士研究生入学考试试题	333
13.4 重点大学硕士研究生入学考试试题参考答案	337
参考文献	342

第1章 绪 论

【**基本知识点**】材料力学的任务；变形固体的三个基本假设；外力及其分类；内力、截面法和应力的概念；变形与应变；杆件变形的基本形式。

【**重点**】内力、截面法和应力的概念；变形与应变；杆件变形的基本形式。

【**难点**】内力、截面法和应力的概念；变形与应变。

1.1 知识点 1：材料力学的任务

1.1.1 要点归纳

1. 材料力学研究对象

构件：组成机械的零部件或工程结构中的构件统称为构件。如桥式起重机的主梁、吊钩、钢丝绳等。

实际构件有各种不同的形状，所以根据形状的不同将构件分为：杆件、板和壳、块体。

(1) 杆件

杆件为长度远大于横向尺寸的构件，其几何要素是横截面和轴线，其中横截面是与轴线垂直的截面；轴线是横截面形心的连线。按横截面和轴线两个因素可将杆件分为：等截面直杆和变截面直杆；等截面曲杆和变截面曲杆。

(2) 板和壳

板和壳是一个方向的尺寸（厚度）远小于其他两个方向的尺寸的构件。

(3) 块体

块体是三个方向（长、宽、高）的尺寸相差不多的构件。

2. 对构件的三项基本要求

为保证工程结构或机械的正常工作，构件应有足够的能力负担起应当承受的载荷。因此，它应当满足以下的要求：

(1) 强度

构件在外载作用下，具有足够的抵抗断裂破坏的能力。例如，储气罐不应爆破，机器中的齿轮轴不应断裂失效等。

(2) 刚度

构件在外载作用下，具有足够的抵抗变形的能力。如机床主轴变形不应过大，否则影响

答：应用截面法，对图 1.1 (a) 取截面 $n - n$ 以下部分为研究对象，受力图如图 1.1 (b) 所示，由平衡条件

$$\sum M_A = 0, \quad F_N \times 3 - 3 \times 2 = 0$$

解得

$$F_N = 2 \text{ kN}$$

BC 杆的变形属于拉伸变形。

应用截面法，取图 1.1 (a) 所示截面 $m - m$ 以右及 $n - n$ 以下部分为研究对象，受力图如图 1.1 (c) 所示，由平衡条件有

$$\sum M_O = 0, \quad F_N \times 2 - 3 \times 1 - M = 0 \quad (1.1)$$

$$\sum F_y = 0, \quad F_s + F_N - 3 = 0 \quad (1.2)$$

将 $F_N = 2 \text{ kN}$ 代入式 (1.1)、(1.2)，解得

$$M = 1 \text{ kN} \cdot \text{m}, \quad F_s = 1 \text{ kN}$$

AB 杆的变形属于弯曲变形。

1.2 知识点 2：变形固体的三个基本假设

1.2.1 要点归纳

在外力作用下，一切固体都将发生变形，故称为变形固体，而构件一般均由固体材料制成，所以构件一般都是变形固体。

由于变形固体种类繁多，工程材料中有金属与合金、工业陶瓷、聚合物等，性质是多方面的，而且很复杂，因此在材料力学中通常省略一些次要因素，对其作下列假设：

(1) 连续性假设

认为整个物体所占空间内到处无空隙地充满物质。实际上，组成固体的粒子之间存在着空隙并不连续，但这种空隙与构件的尺寸相比极其微小，可以忽略不计。于是就认为固体在其整个体积内是连续的。

(2) 均匀性假设

认为物体内的任何部分，其力学性能相同。

(3) 各向同性假设

组成物体的材料沿各方向的力学性能完全相同，沿各方向的力学性能不同的材料称为各向异性材料。

1.2.2 例题解析

【例 1-2】根据均匀性假设，可认为构件的 () 在各处相同？

- A. 应力 B. 应变 C. 材料的弹性常数 D. 位移 E. 变形

答：正确答案为 C。

解析：均匀性假设认为在固体内到处有相同的力学性质，即可在构件内任取微元进行研



究,并将所得结论推广到整个构件上去;可将宏观实验所得结果用于该实验材料所制构件的单元体上,从而为分析研究材料力学问题带来方便。

1.3 知识点3:外力、内力、截面法和应力的概念

1.3.1 要点归纳

1. 外力及其分类

外力是外部物体对构件的作用力,包括外加载荷和约束反力。

(1) 按外力的作用方式分为:体积力和表面力

① 体积力:连续分布于物体内部各点上的力,如物体的自重和惯性力。

② 表面力:作用于物体表面上的力,又可分为分布力和集中力。分布力是连续作用于物体表面一定区域内的力,如作用于船体上的水压力等;集中力是作用于一点的力,如火车轮对钢轨的压力等。

(2) 按外力的性质分为:静载荷和动载荷

① 静载荷:载荷缓慢地由零增加到某一定值后,不再随时间变化,保持不变或变动很不显著,称为静载荷。

② 动载荷:载荷随时间而变化。动载荷可分为构件具有较大加速度、受交变载荷和冲击载荷三种情况。

交变载荷是随时间作周期性变化的载荷;冲击载荷是物体的运动在瞬时内发生急剧变化所引起的载荷。

2. 内力

由于构件变形,其内部各部分材料之间因相对位置发生改变,而引起相邻部分材料间因力图恢复原有形状而产生的相互作用力,称为内力。注意:材料力学中的内力,是指外力作用下材料反抗变形而引起的内力的变化量,也就是“附加内力”,它与构件的强度、刚度密切相关。

3. 截面法

(1) 截面的两侧必定出现大小相等,方向相反的内力;

(2) 被假想截开的任一部分上的内力必定与外力相平衡。

(3) 截面法求内力可归纳为四个字(图1.2):

① 截:欲求某一横截面的内力,沿该截面将构件假想地截成两部分。

② 取:取其中任意部分为研究对象,而弃去另一部分。

③ 代:用作用于截面上的内力,代替弃去部分对留下部分的作用力。

④ 平:建立留下部分的平衡条件,由外力确定未知的内力。

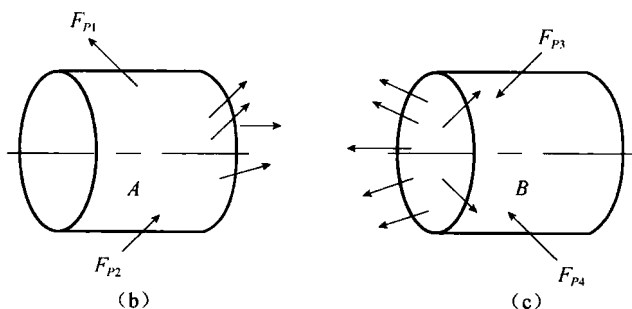
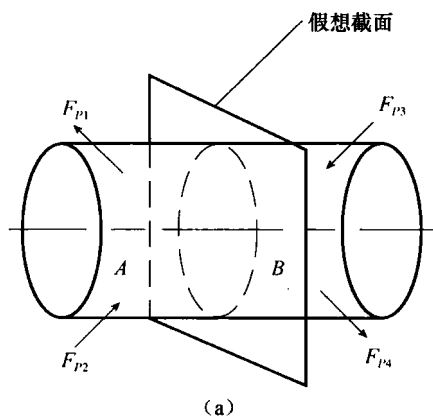


图 1.2

4. 应力

应力用于说明分布力系在截面内某一点处的强弱程度。参照图 1.3 应力的概念，围绕横截面上某点取微小面积 ΔA 。根据均匀连续假设， ΔA 上必存在分布内力，设它的合力为 ΔP ， ΔP 与 ΔA 的比值为

$$p_m = \frac{\Delta P}{\Delta A}$$

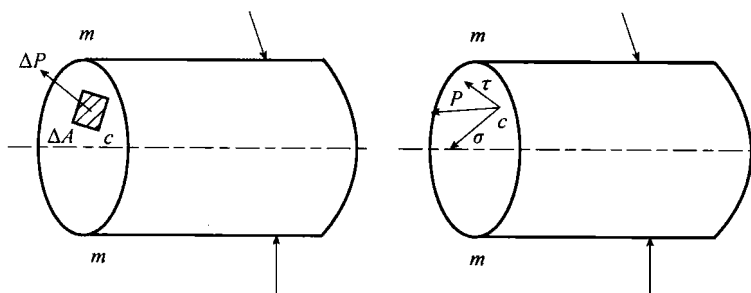


图 1.3

p_m 是一个矢量，代表在 ΔA 范围内，单位面积上的内力的平均集度，称为平均应力。当 ΔA 趋于零时， p_m 的大小和方向都将趋于一定极限，得到